

В.В. ДУЩЕНКО, д-р. техн. наук, НТУ «ХПИ»,
С.Г. ГРУНЁВ, аспирант, НТУ «ХПИ»

ОЦЕНКА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСКИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТО-РЕОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Представлені результати розрахунку та оцінки енергоспоживання систем управління характеристиками пружних елементів, на основі використання магніто-реологічних рідин

The results of calculation and assessment of energy management systems characteristics of elastic elements on the basis of magneto-rheological fluids.

Постановка проблемы. Для обеспечения высоких показателей плавности хода современного транспортного средства (ТС) необходимо управлять характеристиками упругих элементов (УЭ) и демпфирующих устройств с быстродействием порядка 0,1...0,01с. Такое быстродействие может обеспечить система управления с использованием магнито-реологической жидкости (МРЖ). При использовании данной системы на тяжелых ТС необходимо провести оценку ее энергопотребления, что позволит решить вопрос о целесообразности ее дальнейшей разработки.

Анализ последних публикаций. В работе [1] представлен анализ известных технических решений систем управления характеристиками металлических УЭ, оценка их достоинств и недостатков. Сделан вывод, что перспективным направлением развития является использование новых физических принципов действия (ФПД) систем управления путем замены механических полей управляемым электромагнитным полем.

Цель исследований – оценить энергопотребление системы управления характеристиками УЭ на основе использования МРЖ, для известной конструкции, описанной в патенте [2].

Магнитные жидкости (МЖ) представляют собой коллоидные растворы высокодисперсных магнитных частиц размером от 5 до 50 нм, находящихся, в ферро- или ферримагнитном состоянии. МЖ обладают уникальным сочетанием текучести и способности взаимодействовать с магнитным полем. Свойства МЖ определяются совокупностью характеристик, входящих в неё компонентов (твёрдой магнитной фазы, дисперсионной среды и стабилизатора), варьируя которые можно в довольно широких пределах изменять параметры МЖ. Различают два вида магнитных жидкостей: ПАВ-содержащие МЖ и ионные МЖ, в которых стабилизация магнитных наночастиц происходит при помощи поверхностно-активных веществ (ПАВ) или за счёт поверхностного заряда, соответственно.

Магнитные жидкости на основе неполярных сред с размером частиц порядка 1 мкм называются магнито-реологическими жидкостями. Их

особенностью является резкое увеличение вязкости под воздействием магнитного поля, а в сильных полях они могут полностью «затвердевать». Магнитные жидкости, являются перспективными материалами и находят применение в различных областях техники. МРЖ активно применяют в амортизаторах ходовой части ТС, где автоматически регулируется демпфирующее усилие в каждой отдельно взятой подвеске, в зависимости от дорожных условий. Так как МРЖ имеет свойство не только изменять свою вязкость, но и при определённой силе магнитного поля «затвердевать», то её можно применять и для управления характеристиками УЭ.

Рассмотрим известный УЭ [2], установленный на стабилизаторе поперечной устойчивости с применением МРЖ, где управление упругой характеристикой производится путём увеличения плотности магнитной жидкости (рис.1) в нужной области торсиона, при возбуждении соответствующих электромагнитных дросселей и оценим энергопотребление магнитного поля, при котором «затвердевает» магнитная жидкость.

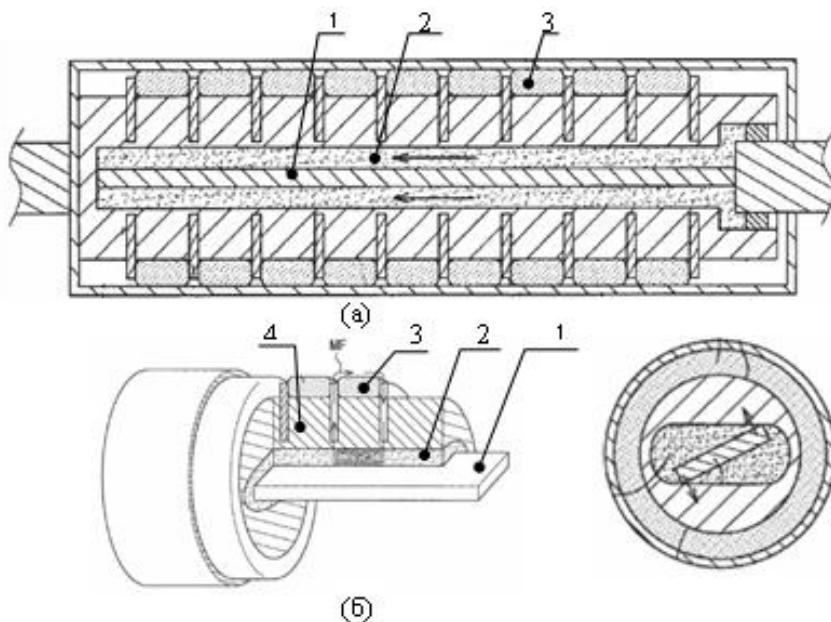


Рис. 1. Система управления упругой характеристикой торсиона:
1 – пластинчатый торсион; 2 – магнитная жидкость; 3 – электромагнитный дроссель; 4 – немагнитный материал

Поскольку, в данной конструкции не было указано геометрических размеров, будем проводить расчеты, исходя из известной конструкции

стабилизатора поперечной устойчивости применительно для автомобиля «Опель-Кадетт-В» [5]. Зададим ширину пластинчатого торсиона, равную $b = d = 0,014\text{м}$, где d – диаметр прутка стабилизатора. Длину пластинчатого торсиона примем равной $l_T = l_c/3 = 0,25\text{м}$, где l_c – длина скручивающей части стабилизатора ($l_c = 0,75\text{м}$). Зная, что индукционных катушек 9 шт., длина одной катушки будет равна $l = l_T/9 = 0,027\text{м}$. Внутренний радиус R_0 индукционной катушки (рис. 2) примем равным $R_0 = 1,5 \cdot b/2 \approx 0,01\text{м}$.

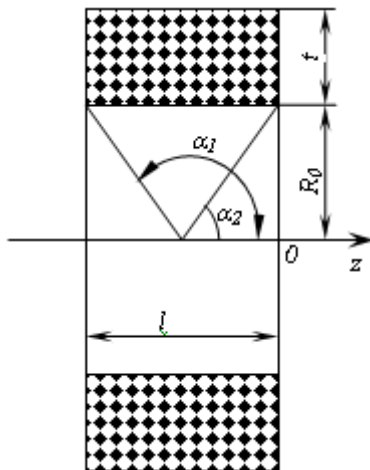


Рис. 2. Схема катушки индуктивности

Напряжённость магнитного поля [3] на оси Z катушки с током можно определить как:

$$H = \frac{1}{2} \cdot n \cdot I \cdot (\cos(\alpha_2) - \cos(\alpha_1)), \quad (1)$$

где: n – число витков одного слоя обмотки;
 I – сила тока, А;

Преобразуя формулу (1), исходя из геометрических размеров катушки индуктивности (рис.2), получим:

$$H = \frac{1}{2} \cdot \frac{t}{d_0^2} \cdot I \cdot \left(\frac{z}{\sqrt{R_0^2 + z^2}} + \frac{l - z}{\sqrt{R_0^2 + (l - z)^2}} \right); \quad (2)$$

Допустим, что на автомобиле установлен генератор переменного тока типа 94.3701 (ВАЗ 2110), который имеет максимальную силу тока отдачи

$I=80\text{A}$, при напряжении $U=13\text{В}$. По данной силе тока выберем диаметр обмоточного провода из справочника [4] $d_0=2,44\text{мм}$ (ПЭТ-155А). Используя известные формулы (закон Ома для участка цепи и сопротивление однородного проводника), определим минимальную длину проводника намотанного на катушку:

$$l_{\min} = \frac{p \cdot U \cdot d_0^2}{4 \cdot I \cdot r}, \quad (3)$$

где p – удельное сопротивление проводника, (для меди $p = 0,0172 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$);

Применяя простейшие математические вычисления, определим радиальную толщину обмотки

$$t = \frac{1}{2 \cdot p} \left(\sqrt{(2 \cdot R_0)^2 - \frac{4 \cdot p \cdot l_{\min} \cdot d_0^2}{l}} - 2 \cdot R_0 \right); \quad (4)$$

Подставляя (4) в (2), получим максимально возможную напряжённость магнитного поля в середине сечения катушки индуктивности ($z = l/2$), которая равна $H=567,9\text{кА/м}$.

Полученная напряжённость магнитного поля должна приводить МРЖ в твёрдое состояние. Известные марки МРЖ (MRF-241ES(41%), MRF-336AG(36%) [6]) не обеспечивают требуемую вязкость. Поэтому необходимо подобрать или создать такую МРЖ, которая бы затвердевала при полученной максимальной напряжённости магнитного поля.

Выводы. Мощности используемого генератора недостаточно для обеспечения работоспособности рассмотренной конструкции. Система управления будет работать, если МРЖ перейдёт в твёрдое состояние при напряжённости магнитного поля, равной $567,9\text{кА/м}$, чего не происходит. Необходимо увеличивать напряжённость, путём повышения силы тока, что приведет к существенному росту энергопотребления, особенно для тяжелых ТС.

Список литературы: 1. Дущенко В.В. Грунёв С. Г. Системы управления характеристиками металлических упругих элементов подвески транспортных средств: принципы действия, конструкции и энергопотребление. 2. Pub. No.: US 2005/0051396 A1. TORSION BAR SPRING APPARATUS. Inventor: Hiroo Kawakami, Saitama (JP). Appl. No.: 10/919,319. Filed: Aug. 17, 2004. 3. Электричество и магнетизм: Лаб. практикум/ Под ред. Б. Ф. Шифрина/ СПбГУАП. СПб., 2001. 73с.: ил; 4. Электрические кабели, провода и шнуры: Справочник / Н. И. Белорусов. 5. Раймтель. Й. Шасси автомобиля: Элементы подвески/Пер. с нем. А. Л. Карпухина; под ред. Г. Г. Гридасова. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с. 6. Соловьев С.Н., Гурский А.Н. Особенности проектирования исполнительных органов мехатронных систем с магнитореологическими средствами/ Авіаційно-космічна техніка і технологія Науково-технічний журнал №7 2009г. сс 145-150.

Поступила в редколлегию 30.09.10.